

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки «Машиностроение»
Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Технология приварки ниполета трубопровода.

УДК 621.791.75.01:621.644

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Есин Вячеслав Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Баннова Кристина Алексеевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ОТСП	Киселев Алексей Сергеевич	К.Т.Н.		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт неразрушающего контроля

Направление подготовки (специальность) 15.03.01 Машиностроение

Кафедра оборудования и технологии сварочного производства

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Киселев А.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Есин В.В.

Тема работы:

Технология приварки ниполета трубопровода	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от <u>23.03.2017 г. №2034/с</u>

Срок сдачи студентом выполненной работы:	23 мая 2017 г.
--	----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Свариваемость хромоникелевой аустенитной стали 12X18H10T. Обеспечение коррозионной стойкости и жаропрочности сварного соединения ниполета с трубопроводом, работающим под давлением 2 Мпа, при температуре до 400 °С.
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Литературный обзор. 2. Разработка технологического процесса приварки ниполета трубопровода. 3. Выбор способа сварки, расчет параметров режимов сварки, выбор материалов и сварочного оборудования. 4. Оценка проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	-
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Баннова К.А.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. Кафедрой ОТСП	Киселев А.С.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Есин В.В.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Есину Вячеславу Валерьевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
1.Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и технологических	Работа с информацией, представленной в различных научных публикациях, нормативной документации.
2.Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3.Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчисления, дисконтирования и кредитования	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1.Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определение потенциалов потребителя результатов исследования, определение альтернатив проведения научных исследований, SWOT-анализ.
2.Планирование и формирование бюджета научных исследований	Планирование этапов работы, определение календарного графика трудоёмкости работы, расчет бюджета.
3.Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка сравнительной эффективности проекта.
Перечень графического материала:	
1.Оценка конкурентоспособности технических решений 2.Матрица SWOT 3.Альтернативы проведения НИ 4.График проведения и бюджет НИ 5.Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Баннова К.А.	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Есин В.В.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1В31	Есину Вячеславу Валерьевичу

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	ОТСП
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Машиностроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования – инверторный сварочный аппарат Merkle MobiARC 160. Область применения – сварочные работы.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). 	<p>Анализ выявленных вредных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • отклонение параметров микроклимата в помещении; • повышенный уровень шума на рабочем месте; • недостаточная освещенность рабочей зоны; • повышенная загазованность воздуха рабочей среды; • ультрафиолетовое излучение. <p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Электрический ток; • Термическая опасность.
<p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); 	<p>Негативное воздействие на окружающую среду выражается в выделении сварочных аэрозолей.</p>

<ul style="list-style-type: none"> – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	Возможными чрезвычайными ситуациями являются пожар и ситуации природного характера.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Правовые нормы трудового законодательства, регулирующие соблюдение безопасности при работе в производственных помещениях.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю.В.	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1В31	Есин В.В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 страниц, 4 рисунка, 36 таблиц, 24 источника.

Ключевые слова: ниполет, бобышка приварная, сталь 12X18H10T, комбинированная сварка, ручная дуговая сварка, ручная аргонодуговая сварка, межкристаллитная коррозия.

Объектом исследования является: процесс приварки ниполета трубопровода из стали 12X18H10T.

Цель работы – разработка технологического процесса приварки ниполета трубопровода.

В процессе выполнения технологического проекта проводился обзор литературы, расчет параметров режимов сварки, подбор сварочных материалов и оборудования.

В результате выполнения технологического проекта разработан технологический процесс приварки ниполета трубопровода.

Область применения: энергетическая и нефтегазовая отрасль, машиностроение.

Экономическая эффективность: сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии является более эффективным вариантом с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 с применением графического редактора КОМПАС 3D V15.1.

Содержание

Введение	12
1 Обзор литературы	13
1.1 Характеристики и свойства стали 12X18H10T	13
2 Объект технологического проекта	15
2.1 Описание сварной конструкции, характеристики материала, оценка свариваемости	15
2.2 Свариваемые элементы	15
3 Расчеты и аналитика	16
3.1 Материал сварной конструкции	16
3.2 Оценка технологической свариваемости стали 12X18H10T	16
3.3 Выбор способа сварки	18
3.3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами	18
3.3.2 Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом	19
3.4 Выбор сварочных материалов для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	21
3.4.1 Выбор вольфрамового электрода для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	21
3.4.2 Выбор присадочной проволоки для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	21
3.4.3 Выбор защитного газа для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	23
3.5 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами	24

3.6	Расчет параметров режимов для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	26
3.6.1	Расчет сварочного тока для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	26
3.6.2	Расчет площади наплавки корневой части шва	26
3.6.3	Расчет скорости ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом	27
3.6.4	Расчет расхода аргона при ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом	27
3.7	Расчет параметров режимов ручной дуговой сварки покрытым электродам	28
3.7.1	Расчёт силы сварочного тока	28
3.7.2	Расчет напряжения на дуге	29
3.7.3	Определение числа проходов	29
3.7.4	Определение скорости сварки покрытыми электродами	30
3.7.5	Определение погонной энергии при сварке	30
3.7.6	Определение глубины проплавления	30
3.7.7	Определение мгновенной скорости охлаждения металла в околошовной зоне	30
3.8	Выбор источника питания	32
3.9	Ориентировочная оценка химического состава сварного шва	34
3.10	Расход сварочных материалов при заварке корня шва ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом	36
3.11	Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке	37
3.12	Описание технологии сборки и сварки узла	37

4	Результаты выполнения технологического проекта	41
5	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	42
5.1	Потенциальные потребители результатов исследования	42
5.2	Анализ конкурентных технических решений	43
5.3	SWOT-анализ	44
5.4	Планирование научно-исследовательских работ	48
5.4.1	Структура работ в рамках научного исследования	48
5.4.2	Определение трудоемкости выполнения работ	48
5.4.3	Разработка графика проведения научного исследования	51
5.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	53
5.5.1	Расчет материальных затрат НТИ	53
5.5.2	Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	54
5.5.3	Отчисления во внебюджетные фонды	54
5.5.4	Накладные расходы	55
5.5.5	Формирование бюджета затрат технологического проекта	56
6	Социальная ответственность	62
6.1	Производственная безопасность	62
6.1.1	Отклонение параметров микроклимата в помещении	62
6.1.2	Повышенный уровень шума на рабочем месте	63
6.1.3	Недостаточная освещенность рабочей зоны	65

6.1.4 Повышенная загазованность воздуха рабочей среды	65
6.1.5 Ультрафиолетовое излучение	67
6.1.6 Опасность поражения электрическим током	68
6.1.7 Термическая опасность	69
6.2 Экологическая безопасность	70
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	71
6.3.1. Пожарная безопасность	72
6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
Заключение	75
Список использованных источников	76

ВВЕДЕНИЕ

Хромоникелевая аустенитная сталь 12Х18Н10Т широко используется в промышленности ввиду разнообразия эксплуатационных свойств. Сталь 12Х18Н10Т обладает высокой коррозионной стойкостью, устойчивостью к межкристаллитной коррозии в результате нагрева при сварке, обладает сравнительно малой склонностью к охрупчиванию при длительном воздействии высоких температур, а также жаропрочностью при температурах до 600 °С. Следовательно, сварные швы конструкции, изготовленной из этой стали, должны обладать аналогичными эксплуатационными свойствами.

Сталь 12Х18Н10Т обладает хорошей свариваемостью, однако в процессе сварки возникают сложности, требующие принятия специальных мер. Свариваемость затрудняется многокомпонентностью легирования и разнообразием условий эксплуатации конструкций. К тому же сталь 12Х18Н10Т имеет меньшую температуру плавления, теплопроводность и большее электрическое сопротивление, по сравнению со перлитными сталями. Поэтому в результате неправильно подобранной технологии сварки возможно образование горячих трещин, потери коррозионной стойкости и усиление процессов охрупчивания во время эксплуатации.

В выпускной квалификационной работе рассматривается сварка соединения ниполета с трубопроводом, работающего под давлением 2 МПа и при температурах до 400 °С, поэтому для придания необходимых механических свойств сварному соединению необходимо правильно выбрать оборудование, сварочные материалы, рассчитать параметры режимов сварки и разработать план мер по предотвращению образования дефектов.

1 Обзор литературы

1.1 Характеристики и свойства стали 12X18H10T

Одним из важнейших этапов в развитии металлургии было создание и освоение нержавеющей сталей. Наиболее используемой нержавеющей сталью, используемой в различных отраслях промышленности, является 12X18H10T.

12X18H10T – нержавеющая хромоникелевая сталь аустенитного класса. Химический состав стали регламентируется [1]. В состав стали входят хром от 17 до 19%, никель от 9 до 11%, титан около 0,8%, кремний не более 0,8%, сера менее 0,02%, марганец менее 2%, медь до 0,03%, фосфор 0,035% и углерод менее 0,12%. Данную марку стали выплавляют в дуговых электропечах.

Основными химическими элементами, определяющими технологические и эксплуатационные свойства стали 12X18H10T являются хром и никель. Содержание хрома в количестве 17 – 19 % обеспечивает коррозионную стойкость стали в окислительных средах. Никель 9 - 11%, является элементом аустенизатором и переводит сталь в класс аустенитов. Это свойство обладает исключительным значением, позволяющим объединить технологические свойства нержавеющей стали с разнообразием эксплуатационных характеристик.

Помимо воздействия основных легирующих элементов следует учитывать наличие в сплаве титана, алюминия и кремния, которые добавляют ему ферритные свойства.

Титан является карбидообразующим элементом, содержание его до 0,8 % в стали 12X18H10T обеспечивает стойкость к межкристаллитной коррозии. При вступлении в химическую реакцию с углеродом образуется тугоплавкий карбид TiC, тем самым ограничивающий образование карбида хрома.

Кремний, до 0,8%, раскисляет сталь и повышает ее плотность. Добавление этого элемента повышает прочностные свойства материала и увеличивает предел текучести, но при этом снижает пластичность, что вызывает сложности при холодной прокатке.

Марганец, до 2 %, замедляет скорость роста зерна, что способствует получению мелкозернистой структуры.

Пониженное содержание серы до 0,02 % и фосфора до 0,04 % благоприятно влияют на свариваемость стали, понижая склонность к образованию горячих трещин.

2 Объект технологического проекта

2.1 Описание сварной конструкции, характеристики материала, оценка свариваемости

Сварная конструкция состоит из трубопровода с рабочим давлением 2 МПа при температуре 400 °С и ниполета – бобышки приварной, с наружной резьбой, предназначенной для установки термометра.

2.2 Свариваемые элементы

Труба $\phi 325 \times 16$ ГОСТ 9940-81[1] изготовлена из стали 12Х18Н10Т.

Ниполет 90х50,8, изготовлен из стали 12Х18Н10Т.

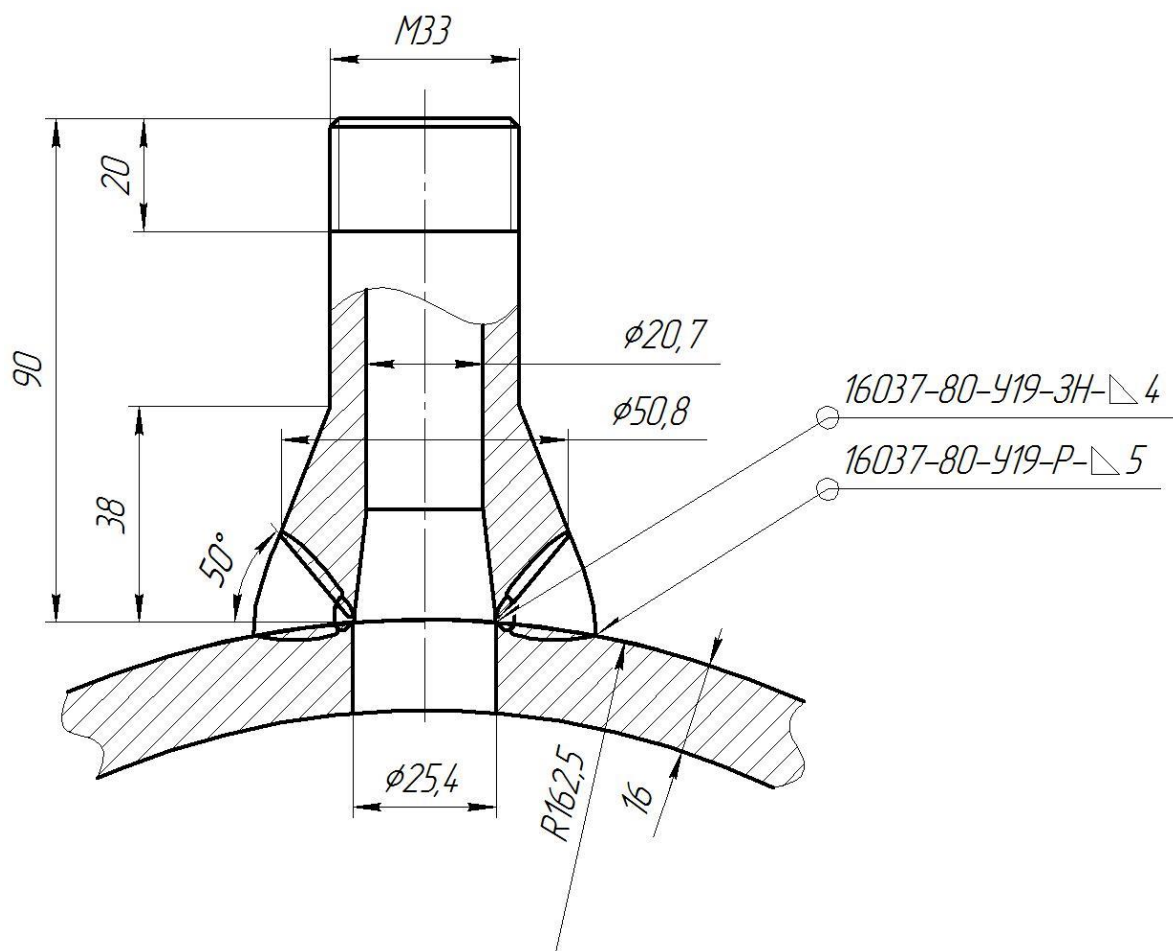


Рисунок 1. Узел сварки бобышки с трубопроводом.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Материал сварной конструкции

Свариваемые детали изготовлены из хромоникелевой аустенитно стали 12X18H10T. Сталь 12X18H10T обладает высокой коррозионной стойкостью при температурах до 700...750 °С, устойчивостью против межкристаллитной коррозии, а также обладает жаропрочностью при температуре до 600 °С.

Механические свойства стали 12X18H10T в соответствии с [1] представлены в таблице 1.

Таблица 1- Механические свойства проката из стали 12X18H10T[1].

Марка стали	$\sigma_{B, Н/мм^2}$	$\sigma_{T, Н/мм^2}$	$\delta, \%$
	Не менее		
12X18H10T	529	216	40

Химический состав стали 12X18H10T по [1] приведен в таблице 2.

Таблица 2 - Химический состав стали 12X18H10T[1].

C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	S	P
≤0,12	≤0,80	≤2,00	17,00-19,00	5C-0,8	9,0-11,0	≤0,02	≤0,04

3.2 Оценка технологической свариваемости стали 12X18H10T

Свариваемость стали 12X18H10T затрудняется многокомпонентностью ее легирования, а также разнообразием условий эксплуатации, жаропрочностью и коррозионной стойкостью. Основной сложностью при производстве сварочных работ является предупреждение образования кристаллизационных горячих трещин в шве и околошовной зоне, имеющих межкристаллитный характер и наблюдаемых в виде мелких трещин и микронадрывов. Образование горячих трещин может быть вызвано воздействием высоких температур, в результате чего образуется крупнозернистая макроструктура. Чаще это явление наблюдается в многослойных швах, когда рост кристаллов начинается с корня шва и

продолжается в каждом последующем слое. Для повышения стойкости швов против горячих трещин применяются методы, способствующие измельчению кристаллов и структурной дезориентации. Такая структура шва достигается легированием ферритообразующими элементами, такими как хром, кремний, алюминий, молибден. Наличие в структуре шва 4...5 % δ -феррита приводит к уменьшению сечения столбчатых прослоек и утоньшению межкристаллитных прослоек, в результате вероятность образования горячих трещин уменьшается.

Помимо предупреждения образования горячих трещин, к сварному соединению предъявляются требования по сохранению механических свойств при воздействии высоких значений температур в течение продолжительного временного промежутка. Быстрая скорость охлаждения при сварке приводит к образованию неравновесной структуры наплавленного металла шва. Эксплуатация при температуре от 350 °С и выше вызывает диффузионные процессы в стали 12Х18Н10Т, в результате которых появляются новые структурные составляющие, негативно сказывающиеся на пластических свойствах металла шва. Термическое старение при 350—500 °С вызывает приводит к появлению «475-градусной хрупкости». Происходит это если содержание ферритной фазы в структуре шва превышает 8—10 %, следовательно, необходимо ограничить ее содержание.

Не менее важным требованием, предъявляемым к сварному соединению трубопровода с ниполетом, является обеспечение стойкости к коррозии. Возникновение межкристаллитной коррозии в металле шва обусловлено выделением из аустенита карбидов хрома, под действием термического цикла сварки, приводящим к местному обеднению границ зерен хромом. Причиной возникновения межкристаллитной коррозии является повышенное содержание углерода и недостаточное содержание титана и ниобия в металле шва. Для предупреждения образования межкристаллитной коррозии необходимо снижение содержания углерода до пределов его растворимости в аустените (до 0,02...0,03 %), а также легирование

карбидообразующими элементами (стабилизация ниобием, титаном, ванадием и др.).

3.3 Выбор способа сварки

С учетом рекомендаций [2] приварка ниполета осуществляется комбинированным способом: для заварки корня шва используется ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом, последующие проходы выполняются ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

3.3.1 Ручная дуговая сварка покрытыми электродами

В процессе ручной дуговой сварки к электроду и свариваемому изделию, для образования и поддержания горения сварочной дуги, от источника питания подводится постоянный или переменный сварочный ток. Дуга расплавляет металлический стержень электрода, его покрытие и основной металл. Расплавляющийся металлический стержень электрода в виде отдельных капель, покрытых шлаком, переходит в сварочную ванну. В сварочной ванне электродный металл смешивается с расплавленным металлом изделия (основным металлом), а шлак всплывает на поверхность, образуя покров, предохраняющий металл от взаимодействия с кислородом и азотом воздуха. Кроме того, при всплывании на поверхность ванны шлак, взаимодействуя с расплавленным металлом, очищает его. Образующиеся при расплавлении покрытия газы оттесняют воздух из сварочной ванны и таким образом способствуют созданию лучших условий для защиты.

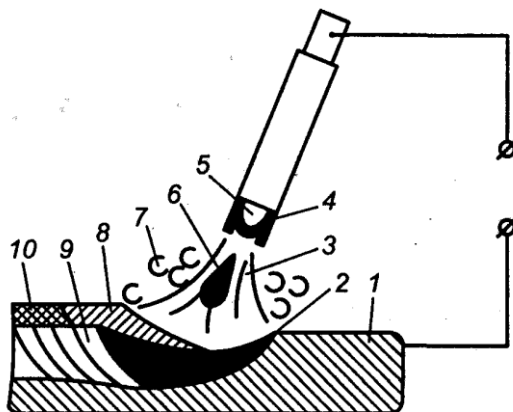


Рисунок 11 - Схема ручной дуговой сварки покрытыми электродами
1 - основной металл; 2 – сварочная ванна; 3 – сварочная дуга; 4 – защитное покрытие; 5 - электрод; 6 – капля расплавленного металла; 7 – газовая защита; 8 – жидкая шлаковая пленка; 9 – шов; 10 – шлаковая корка.

Ручную дуговую сварку покрытыми электродами рационально применять при изготовлении металлических конструкций с толщиной соединяемых элементов более 2 мм, при необходимости сварки швов в труднодоступных местах, и различных пространственных положениях [3].

Преимущества ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

- сварка во всех пространственных положениях, а также труднодоступных участках;
- сварка черных, цветных металлов, сплавов практически любой толщины;
- относительно низкая себестоимость получаемых швов;
- не требуется длительный процесс настройки и подготовки сварочного оборудования и материалов;

Недостатки ручной дуговой сварки покрытыми электродами:

- необходимость высокой квалификации сварщика;
- производительность ниже, чем при механизированных способах сварки;
- механическая и структурная неоднородность металла шва;
- многофакторность качества (сварочное оборудование, сварочные материалы, технология и техника сварки, квалификация сварщика)

3.3.2 Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом

При ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом в зону горения дуги поступает защитный газ. Под воздействием тепла сварочной дуги, горящей между неплавящимся электродом и изделием, происходит

плавление основного металла и присадочной проволоки. Расплавленный металл сварочной ванны, постепенно остывая и кристаллизуясь образует шов.

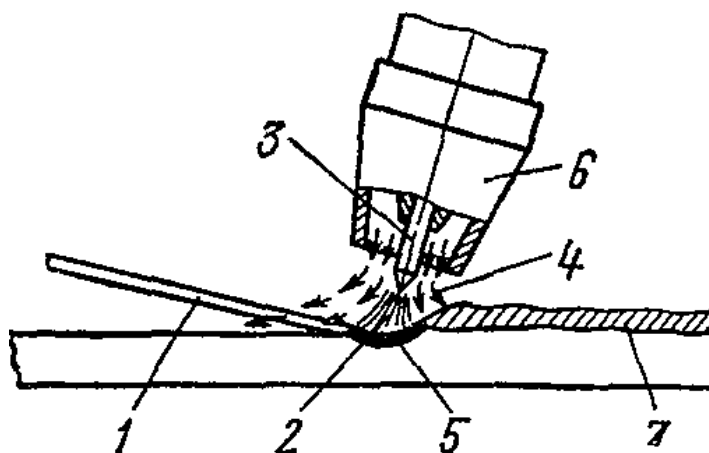


Рис. 2 Схема ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом.

1 — присадочная проволока; 2 — сварочная дуга; 3 — неплавящийся электрод; 4 — защитный газ; 5 — расплавленный металл; 6 — горелка; 7 — сварной шов.

Необходимый химический состав металла шва получают путем применения присадочной проволоки с соответствующим содержанием элементов. Применение аргона в качестве защитного повышает стабильность горения дуги и снижается угар легирующих элементов, что позволяет получить более качественный сварной шов по химическому составу и механическим свойствам, в сравнении с ручной дуговой сваркой покрытыми электродами.

Преимущества ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом:

- высокое качество сварных соединений и сравнительно малый угар легирующих элементов вследствие надежной защиты расплавленного металла от окружающего воздуха;
- минимальный нагрев основного металла;
- высокая тепловая мощность дуги, скорость и производительность сварки;
- возможность сварки трудносвариваемых металлов и сплавов, в том числе и разнородных;

- возможность полной механизации и автоматизации процесса.

Недостатки ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом:

- низкая производительность сварки;
- вероятность нарушения газовой защиты при работе на открытом воздухе и на сквозняке;
- сильное ультрафиолетовое излучение;
- необходимость охлаждения горелки при сварке на больших токах.

3.4 Выбор сварочных материалов для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

3.4.1 Выбор вольфрамового электрода для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

При ручной аргонодуговой сварки неплавящийся электрод должен быть изготовлен из вольфрама марок ЭВЛ, ЭВИ-1, ЭВИ-2, ЭВИ-3, ЭВТ-15 по [4].

В целях уменьшения тепловложения диаметр вольфрамового электрода должен составлять 2 - 3 мм при токе 70 - 100 А. Поскольку сварка производится на постоянном токе прямой полярности, выбираем электрод ЭВТ-15 диаметром 3 мм. Вольфрам марки ЭВТ-15 содержит 1,5-2,0 % двуокиси тория и других примесей не более 0,09 %, чем повышает эмиссионную способность электрода, облегчает зажигание и увеличивает срок службы сварочного электрода.

3.4.2 Выбор присадочной проволоки для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом стали 12X18H10T следует выбирать сварочную проволоку сплошного сечения, соответствующую требованиям [5], диаметром 1,6 - 2 мм [2].

Основные критерии выбора сварочных электродов для сварки корневого шва сварного соединения ниполета и трубопровода:

- 1) стойкость к межкристаллитной коррозии;
- 2) равнопрочность сварного шва и основного металла;
- 3) предупреждение образования горячих трещин;

Химический состав наплавленного металла присадочной проволокой, рекомендованной для сварки корневого слоя соединения ниполета с трубопроводом представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав наплавленного металла наплавленного проволокой, в % [6].

Марка электрода	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti
Св-08Х19Н10Г2Б	≤ 0,06	0,36	1,85	19,1	9,8	0,07	0,2
Св-04Х19Н9	0,05	0,63	1,09	18,25	8,52	0,15	0,11
Св-06Х19Н9Т	0,06	0,6	1,12	18,14	8,25	0,08	0,71
Св-04Х19Н11М3	0,05	0,32	1,36	18,39	10,17	2,2	0,002

Продолжение таблицы 3

Марка электрода	Nb	V	Cu	W	P	S	Содержание ферритной фазы
					не более		
СВ-08Х19Н10Г2Б	1,28	-	0,09	-	0,020	0,025	2,0-5,0
СВ-04Х19Н9	-	0,04	0,09	0,05	0,01	0,02	2,0-8,0
СВ-06Х19Н9Т	-	0,05	0,03	0,05	0,006	0,023	2,0-8,0
СВ-04Х19Н11М3	-	0,05	0,02	0,06	0,01	0,02	3,0-5,0

Таблица 4 – Механические свойства наплавленного металла сварочной проволокой [6].

Марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм ²)	Предел текучести, МПа, (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
	не менее			
Св-08Х19Н10Г2Б	520(53)	420(43)	28	126,4
Св-04Х19Н9	590(60)	420(43)	33	110,2
Св-06Х19Н9Т	590(60)	320(33)	36	112,4
Св-04Х19Н11М3	585(60)	320(33)	35	119,2

Для сварки корневого шва необходимо применять сварочную проволоку Св-04Х19Н11М3, поскольку условие равнопрочности сварного шва и основного металла выполняется. Наличие легирующих карбидообразующих элементов – титана и ванадия, а также пониженное содержание углерода снижает склонность стали 12Х18Н10Т к межкристаллитной коррозии. Необходимое содержание ферритной фазы, достигаемое содержанием элементов ферритизаторов, и пониженное содержание вредных примесей снижает вероятность появления горячих трещин.

С учетом рекомендаций выбираем проволоку Св-04Х19Н11М3 диаметром 1,6 мм.

3.4.3 Выбор защитного газа для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

При ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом в качестве защитного газа рекомендуется использовать аргон высшего и первого сортов по [7], в газообразном и жидком состоянии.

Таблица 5 – Химический состав аргона высшего сорта [7].

Сорт аргона	Ar, %, не менее	O ₂ , %, не более	N ₂ , %, не более	CO ₂ , %, не более	Содержание водяных паров, %, не более	Температура насыщения, С°, не выше
высший	99,993	0,0007	0,005	0,0005	0,0009	минус 61
первый	99,987	0,002	0,01	0,001	0,001	минус 58

Для получения необходимых свойств корневого шва необходимо применять сварочные материалы повышенной чистоты, поэтому используем аргон высшего сорта по [7].

3.5 Выбор сварочных материалов для ручной дуговой сварки покрытыми электродами

Основные критерии выбора сварочных электродов для приварки ниполета трубопровода:

- 1) равнопрочность сварного шва и основного металла,
- 2) стойкость к межкристаллитной коррозии,
- 3) предупреждение образования горячих трещин,
- 4) сродство основного и наплавленного присадочной прово.

Для уменьшения тепловложения при сварке диаметр электродов не должен превышать 3 мм. [2]

Химический состав наплавленного металла сварочных электродов для сварки стали 12X18H10T представлен в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав наплавленного металла покрытым электродом, в %, [8].

Марка электрода, (количество ферритной фазы)	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	P	S
							не более	
ЦТ-26 (2,0-4,0)	≤ 0,06	0,3-0,75	1,2-2,3	16,5-18,5	7,5-9,0	1,5-2,0	0,020	0,025

Продолжение таблицы 6

ОК 61.30 (1,5-6,0)	0,03	0,8	0,8	19,5	10,0	< 0,5	0,04	0,03
ЭА-400/10У (2,0-8,0)	≤ 0,01	≤ 0,6	1,1-3,1	16,8-19,0	9,0-12,0	2,0-3,5	0,025	0,030
ЦТ-15 (0,5-5,5)	≤ 0,05- 0,12	≤ 0,15- 0,70	1,0-2,5	18,0-20,5	8,5-10,5	-	0,020	0,030

Таблица 7 – Механические свойства наплавленного металла покрытым электродом [8].

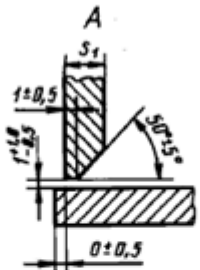
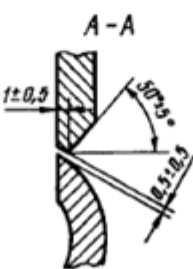
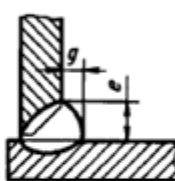

Марка электрода	Временное сопротивление разрыву, МПа (кгс/мм ²)	Предел текучести, МПа (кгс/мм ²)	Относительное удлинение, %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см ²
	не менее			
ЦТ-26	539(55)	294(30)	30	98
ОК 61.30	570(58)	420(43)	45	70
ЭА-400/10У	550(56)	350(36)	25	90
ЦТ-15	588(60)	314(32)	24	78

Для сварки ниполета трубопровода необходимо использовать электроды ЦТ-26. Наплавленный металл электродами ЦТ-26 имеет наиболее схожие механические характеристики с характеристиками стали 12Х18Н10Т, соответственно условие равнопрочности выполняется. Необходимое содержание ферритной фазы и наименьшее содержание серы и фосфора, по сравнению с другими марками электродов, обеспечит стойкость к образованию горячих трещин. Пониженное содержание углерода окажет благоприятное влияние на сохранение стойкости к межкристаллитной коррозии.

3.6 Расчет параметров режимов для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Катет шва и зазор выбирается в соответствии с [9].

Таблица 8 – Конструктивные элементы и размеры сварного шва [9]

Условное обозначение сварного соединения	Конструктивные элементы и размеры		Способ сварки	s_1	e		g +2
	подготовленных кромок свариваемых деталей	сварного шва			Но-мин.	Пред. откл.	
У19	 	 	ЗП; ЗН; Р	16	24	+6	5

3.6.1 Расчет сварочного тока для ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Выбор сварочного тока производится в соответствии с [2]. Сварочный ток выбирается в зависимости от диаметра неплавящегося электрода, 25...30 А на 1 мм диаметра:

$$I_{св} = d_{н.э.} \cdot (25 \dots 30), \quad (1)$$

где $d_{н.э.}$ – диаметр неплавящегося электрода (3 мм).

$$I_{св} = 3 \cdot (25 \dots 30) = (75 \dots 90) \text{ А.}$$

С учетом уменьшения тепловложения выбираем $I_{св} = 75 \text{ А}$. Значение тока сварки необходимо уточнить при выполнении пробных стыков.

3.6.2 Расчет площади наплавки корневой части шва

Во избежание прожога при наложении заполняющего слоя шва, толщина корневого слоя выполненного ручной аргонодуговой сваркой должна быть не менее 4 мм.

Площадь наплавленного металла рассчитывается по формуле (2):

$$F_H = \frac{1}{2} a \cdot h \quad (2)$$

где a – ширина основания наплавки;

h – высота наплавки.

$$F_K = \frac{4 \cdot 6}{2} = 12 \text{ мм}^2.$$

3.6.3 Расчет скорости ручной аргонодуговой сварки неплавящимся электродом

Скорость сварки при ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом зависит от опыта и навыков сварщика и определяется непосредственно при производстве работ. Поэтому скорость сварки в данном разделе определяется условно по формуле:

$$V_{CB} = \frac{\alpha_H \cdot I_{CB}}{3600 \cdot F_H \cdot \gamma}, \quad (3)$$

где α_H – коэффициент наплавки [11 г/(А·ч)];

γ – плотность стали (7,92 г/см³).

$$V_{CB} = \frac{11 \cdot 75}{3600 \cdot 0,12 \cdot 7,92} = 0,24 \text{ см/с} = 8,6 \text{ м/ч}.$$

3.6.4 Расчет расхода аргона при ручной аргонодуговой сварке неплавящимся электродом

Необходимый расход аргона, для обеспечения выполнения защитной функции выбирается в соответствии с [3].

Необходимый расход аргона составляет 5 ... 6 л/мин, а поскольку при сварке корневого слоя шва необходимо обеспечить поддув аргона с обратной стороны шва, расход увеличивается вдвое, $Q_{\text{арг}} = 12$ л/мин.

3.7 Расчет параметров режимов ручной дуговой сварки покрытым электродам

К основными параметрам, обеспечивающим получение сварных швов требуемого качества, размеров и формы, при ручной дуговой сварке является: диаметр электрода, сила сварочного тока, напряжение дуги, площадь поперечного сечения шва, выполняемого за один проход, число проходов, род и полярность тока и др.

Рассчитаем основные параметры в соответствии с методикой, приведенной в [10], учитывая рекомендации, указанные в [2]. Приварка трубной арматуры из аустенитных сталей необходимо производить с минимальным тепловложением, на пониженных значениях тока, поэтому при ручной дуговой сварке следует использовать электроды диаметром не более 3 мм, при этом сила тока должна составлять 80 - 90 А.

3.7.1 Расчёт силы сварочного тока

При сварке покрытыми электродами сила сварочного тока зависит от диаметра электрода $d_э$ и допускаемой плотности j тока и рассчитывается по формуле:

$$I_{св} = \frac{\pi \cdot d_э^2}{4} \cdot j, \quad (4)$$

где $d_э$ – диаметр стержня электрода, мм;

j – допускаемая плотность тока, А/мм²;

Расчет величина сварочного тока:

при диаметре стержня $d_э=3$ мм допустимая плотность тока для электрода с основным покрытием составляет $j=13...18,5$ А/мм².

$$I_{св} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} \cdot (13 ... 18,5) = 90 ... 130 \text{ А.}$$

Следует учесть, что поскольку сталь 12Х18Н10Т относится к высоколегированным, то она обладает большим электрическим сопротивлением чем низколегированные стали. В процессе сварки это может привести к разогреву электродного стержня до высоких температур и разрушению электродного покрытия. Во избежание перегрева расчетную силу сварочного тока понижают на 10...30 %.

С учетом рекомендации примем $I_{св} = 80 \text{ А}$.

3.7.2 Расчет напряжения на дуге

Напряжение на дуге при сварке покрытыми электродами изменяется в пределах 20...34 В, и выбирается на основании рекомендаций технической документации или паспорта на соответствующую марку электрода [10].

Приближенное значение напряжения определяется по формуле (5):

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot I_{св}. \quad (5)$$

$$U_d = 20 + 0,04 \cdot 80 = 23 \text{ В}.$$

3.7.3 Определение числа проходов

При определении числа проходов следует учитывать ширина валика не должна превышать трех диаметров электрода, а высота валика при диаметре электрода $d_э=3 \text{ мм}$ должна быть 3 - 5 мм, следовательно площадь наплавки одного прохода должна находиться в пределах (9... 35) мм².

Для определения числа проходов необходимо определить общую площадь наплавленного металла в сечении.

$$F_n = \frac{17 \cdot 19}{2} = 161,5 \text{ мм}^2.$$

Рассчитаем количество проходов по формуле (6):

$$n = \frac{F_n - F_k}{F_{пр}} \quad (6)$$

$$n = \frac{161,5-12}{30} \approx 5.$$

3.7.4 Определение скорости сварки покрытыми электродами

Скорость сварки рассчитывается по формуле (3):

$$V_{\text{св}} = \frac{11 \cdot 80}{3600 \cdot 0,30 \cdot 7,92} = 0,10 \text{ см/с} = 3,6 \text{ м/ч.}$$

3.7.5 Определение погонной энергии при сварке

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_u}{V_{\text{св}}}, \quad (7)$$

где η_u – эффективный КПД для ручной дуговой сварки.

$$q_{\text{п}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}} \cdot \eta_u}{V_{\text{св}}} = \frac{80 \cdot 23 \cdot 0,8}{0,1} = 14720 \text{ Дж/см.}$$

3.7.6 Определение глубины проплавления

Для определения глубины проплавления необходимо рассчитать максимальную температуру на расстоянии r по формуле:

$$T_{\text{max}} = \frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V_{\text{св}} \cdot c_{\rho} \cdot r^2} \quad (8)$$

где $q = \eta_u \cdot I_{\text{св}} \cdot U_{\text{д}}$ – эффективная тепловая мощность источника (1472 Вт)

c_{ρ} – объемная теплоемкость (4,7 Дж/см³ · град);

r – расстояние до изотермы плавления $T_{\text{пл}}$, см.

Откуда расстояние r до изотермы $T_{\text{пл}}$:

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot q}{\pi \cdot V_{\text{св}} \cdot c_{\rho} \cdot T_{\text{пл}}}}. \quad (9)$$

$$r = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,368 \cdot 1472}{3,14 \cdot 0,10 \cdot 4,7 \cdot 1500}} = 0,69 \text{ см.}$$

При ручной дуговой сварке глубина провара:

$$H_{\text{пр}} = (0,5 \div 0,7)r; \quad (10)$$

$$H_{\text{пр}} = (0,5 \div 0,7) \cdot 0,69 = 0,35 \div 0,48 \text{ см.}$$

3.7.7 Определение мгновенной скорости охлаждения металла в околошовной зоне

Время пребывания металла шва и околошовной зоны в опасном интервале температур определяется по формуле:

$$t_{\text{ом}} = \frac{(780-680)}{V_0}, \quad (11)$$

где V_0 – средняя скорость охлаждения, $^{\circ}\text{C}/\text{с}$.

$$V_0 = \frac{V_{\text{охл}680} + V_{\text{охл}780}}{2}, \quad (12)$$

где $V_{\text{охл}}$ – скорость охлаждения при определенной температуре.

$$V_{\text{охл}} = 2\pi \cdot \lambda \cdot \omega \cdot \frac{(T - T_0)^2}{q_n}, \quad (13)$$

где $\omega = f \left(\frac{1}{\theta} \right)$ – безразмерный критерий;

λ – теплопроводность стали ($0,16 \text{ Вт}/\text{см} \cdot ^{\circ}\text{C}$);

$c\rho$ – объёмная теплоемкость ($4,9 \text{ Дж}/\text{см}^3 \cdot ^{\circ}\text{C}$);

T_0 – начальная температура изделия ($20 ^{\circ}\text{C}$);

T – температура наименьшей устойчивости аустенита ($680 \dots 780 ^{\circ}\text{C}$);

q_n – погонная энергия ($14720 \text{ Дж}/\text{см}$).

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot q_n}{\pi \cdot \delta^2 \cdot c\rho \cdot (T - T_0)}, \quad (14)$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 14720}{3,14 \cdot 12,7^2 \cdot 4,9 \cdot (680 - 20)} = 0,018.$$

$$\frac{1}{\theta} = \frac{2 \cdot 6000}{3,14 \cdot 12,7^2 \cdot 4,9 \cdot (780 - 20)} = 0,016.$$

$$\text{При } \frac{1}{\theta} = 0,016 \dots 0,018 \quad \omega \Rightarrow 1.$$

$$V_{\text{охл}680} = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,247 \cdot \frac{(680-20)^2}{14720} = 45,9 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}.$$

$$V_{\text{охл}780} = 1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,264 \cdot \frac{(780-20)^2}{14720} = 65,1 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}.$$

$$V_0 = \frac{45,9 + 65,1}{2} = 55,5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{с}.$$

Для сохранения стойкости межкристаллитной коррозии необходимо обеспечение условия:

$$t_{\text{кр}} = 2,1t_{\text{ом}} + 1,74 \cdot \Sigma t_{\text{оп}}, \quad (15)$$

где $t_{\text{кр}}$ — критическое время, 3600 с;

$t_{\text{ом}}$ — время пребывания определенного слоя в области опасных температур, с;

$\Sigma t_{\text{оп}}$ — суммарное время пребывания в области опасных температур, с.

Поскольку наибольшее время пребывания в зоне опасных температур находится корневой слой, расчет времени ведем для него.

$$t = 2,1 \cdot 1,8 + 1,74 \cdot 10,8 = 23 \text{ с}.$$

При заданных режимах сварки время нахождения корневого шва в зоне опасных температур много меньше критического времени, следовательно, возможность образования межкристаллитной коррозии исключается.

3.8 Выбор источника питания

При сварке швов комбинированным способом в целях увеличения производительности и удешевления производства сварных соединений целесообразно применять универсальные инверторные источники питания дуги. При значительно меньших габаритах и потребляемой мощности сети по сравнению с другими источниками, инверторные источники обеспечивают необходимые вольтамперные характеристики и поддерживают стабильное горение дуги.

Источник питания должен соответствовать следующим требованиям:

1. иметь необходимый вид внешней вольтамперной характеристики, для поддержания стабильного горения дуги;
2. обеспечивать требуемые силу и род тока, а также напряжение дуги;
3. иметь динамические характеристики, гарантирующие беспрепятственное возбуждение дуги и минимальные потери на разбрызгивание.

Таблица 9 – Технические характеристика универсальных инверторных сварочных выпрямителей

Техническая характеристика	Марка источника							
	Сварог PRO ARC 160 (Z211S)		Сварог TECH ARC 205 B (Z203)		Merkle MobiARC 160		Fubag INTIG 200 AC/DC PULSE	
	РДС	РАД	РДС	РАД	РДС	РАД	РДС	РАД
Номинальный сварочный ток, А	124	124	170	170	100	100	165	140
Пределы регулирования сварочного тока, А	10-160	10-160	10-200	10-200	15-160	5-160	5-200	5-200
Напряжение питающей сети, В	220	220	220	220	220	220	220	220
Род тока	DC	DC	DC	DC	AC/DC	DC	AC/DC	DC
Рабочее напряжение, В	20,4-26,4	10,4-16,4	20,4-28,0	10,4-18,0	20,6-26,4	10-16,4	20,4-28,0	10,4-18,0
Напряжение холостого хода, В	63	12	9 (VRD)	12	64	64	63	63
Потребляемая мощность мощность, кВА	7,2	4,4	9	5,0	3,7	2,8	6,6	5,2
КПД, %	85	85	85	85	85	85	85	85
Габаритные размеры, мм.	313×130×250		410x160x260		410×220×360		540 x 240 x 300	
Масса, кг	4,7		8,4		10		10,5	

С учетом всех требований выбираем инверторный сварочный аппарат Merkle MobiARC 160, поскольку при наличии все требуемых характеристик имеет наименьший показатель потребляемой мощности.

3.9 Ориентировочная оценка химического состава сварного шва

Химический состав оказывает основное влияние на формирование структуры и механические свойства материала, поэтому необходимо соблюдение условия схожести химического состава сварного шва и основного металла. Содержание элементов в шве, в большей части, определяется химическим составом плавящихся электродов и присадочной проволоки.

Содержание рассматриваемого элемента в металле шва определяется на основании правила смешения описанного в [3] по формуле (16):

$$[R]_{\text{ш}} = [R]_{\text{ом}} \cdot \gamma_0 \cdot 0,6 + (1 - \gamma_0 \cdot 0,6) \cdot [R]_{\text{э}} \pm \Delta R, \quad (16)$$

где $[R]_{\text{ш}}$ – содержание элемента в шве или проходе, %;

$[R]_{\text{ом}}$ – содержание элемента в основном металле, %;

$[R]_{\text{э}}$ – содержание элемента в электродной проволоке или наплавленном металле покрытыми электродами;

$\pm \Delta R$ – изменение содержания элемента в процессе сварки, в результате его выгорания из сварочной ванны или перехода из флюса или электродного покрытия в сварочный шов;

$(1 - \gamma_0)$ – доля участия электродного металла в металле шва;

γ_0 – доля участия основного металла в металле шва.

Доля участия основного металла в металле шва рассчитывается по формуле (17):

$$\gamma_0 = \frac{F_{\text{пр}}}{F_{\text{пр}} + F_{\text{н}}}, \quad (17)$$

где $F_{\text{пр}}$ – площадь проплавления основного металла;

$F_{\text{н}}$ – площадь наплавленного металла.

$$F_{\text{пр}} = \frac{\pi \cdot \psi_{\text{пр}} \cdot H^2}{4}, \quad (18)$$

где $\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент провар;

H – необходимая глубина провара, (3,5 мм).

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{K'(19-0,01 \cdot I_{\text{св}})d_{\text{э}} \cdot U_{\text{д}}}{I_{\text{св}}}, \quad (19)$$

где K' – коэффициент, зависящий от рода тока и полярности, определяется по формуле (20):

$$K' = 0,367 \cdot j_{\text{э}}^{0,1925}. \quad (20)$$

$$K' = 0,367 \cdot 13^{0,1925} = 0,60.$$

Коэффициент провара равен:

$$\psi_{\text{пр}} = \frac{0,60 \cdot (19 - 0,01 \cdot 80) \cdot 3,0 \cdot 23}{80} = 9,42.$$

$$F_{\text{пр}} = \frac{3,14 \cdot 9,42 \cdot 4,0^2}{4} = 120 \text{ мм}^2.$$

$$\gamma_0 = \frac{120}{120 + 161,5} = 0,42.$$

Для определения содержания конкретного элемента в шве, представим в таблицах химический состав стали 12Х18Н10Т наплавленного металла.

Таблица 10 – Химический состав стали 12Х18Н10Т, %.

C	Si	Mn	Cr	Ti	Ni	S	P
≤0,12	≤0,80	≤2,00	17,00-19,00	5С-0,8	9,0-11,0	≤0,02	≤0,04

Таблица 11 – Химический состав наплавленного металла, %.

C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P
≤ 0,06	0,3-0,75	1,2-2,3	16,5-18,5	7,5-9,0	1,5-2,0	0,025	0,020

Определяем химический состав металла шва для ручной дуговой сварки, %:

$$[C]: R_{\text{ш}} = 0,12 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 0,06 = 0,07 \%;$$

$$[Si]: R_{\text{ш}} = 0,08 \cdot 0,42 \cdot 0,75 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 0,06 = 0,76 \%;$$

$$[Mn]: R_{\text{ш}} = 2,0 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 2,3 = 1,73 \%;$$

$$[Cr]: R_{\text{ш}} = 18,0 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 17,5 = 17,63 \%;$$

$$[Ni]: R_{\text{ш}} = 10,0 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 8,25 = 8,69 \%;$$

$$[Ti]: R_{ш} = 0,08 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 0 = 0,02 \%;$$

$$[Mo]: R_{ш} = 0 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 1,75 = 1,31 \%$$

$$[S]: R_{ш} = 0,02 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 0,025 = 0,023 \%;$$

$$[P]: R_{ш} = 0,04 \cdot 0,42 \cdot 0,6 + (1 - 0,42 \cdot 0,6) \cdot 0,02 = 0,025\%.$$

Содержание основных химических элементов в металле сварного шва соответствует содержанию химических элементов в основном металле, а содержание молибдена 1,31 %, обеспечит образование ферритной фазы. Следовательно, подобранные сварочные материалы обеспечивают необходимый химический состав и механические свойства сварного шва.

3.10 Расход сварочных материалов при заварке корня шва ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом

При ручной аргонодуговой сварка неплавящимся электродом расход сварочных материалов приходится на электродную проволоку и защитный газ. Норма расхода электродной проволоки складывается из массы наплавленного металла и коэффициента поправки. Массу наплавленного металла рассчитаем по формуле:

$$G_{н.м.} = F_{н} \cdot \gamma \cdot l, \quad (21)$$

где, $F_{н}$ – площадь наплавки, (12 мм²);

γ – плотность металла ($\gamma=7,92$ г/см³);

l – длина шва, (40 мм).

$$G_{н.м.} = 12 \cdot 0,00792 \cdot 105 = 10 \text{ г.}$$

Необходимый объем аргона, для сварки корневого слоя шва рассчитывается по формуле:

$$Q_{г} = t \cdot Q_{арг}, \quad (22)$$

где t – время сварки, с;

$Q_{арг}$ – расход газа, (12 л/мин.).

$$t = \frac{l_{шв}}{V_{св}}. \quad (23)$$

$$t = \frac{105}{2,4} = 43 \text{ с.}$$

$$Q_{г} = 43 \cdot 0,2 = 8,6 \text{ л.}$$

Для сварки корневого слоя шва, соединения ниполета с трубопроводом необходимо 10 г. электродной проволоки и 8,6 л защитного газа.

3.11 Расход сварочных материалов при ручной дуговой сварке

При ручной дуговой сварке определяется расход покрытых электродов. Норма расходов электродов складывается из массы наплавленного металла и потерь (разбрызгивание, образование шлака и огарки). Массу наплавленного металла рассчитаем аналогично пункта 7.1.

$$G_{н.м.} = 149,5 \cdot 0,00792 \cdot 188,5 = 224 \text{ г.}$$

Норма расходов определим по формуле:

$$G_{э} = G_{н.м.} \cdot k_p, \quad (24)$$

где k_p – коэффициент расхода (1,6).

$$G_{э} = 224 \cdot 1,6 = 358 \text{ г.}$$

Для заварки заполняющих и облицовочного слоев шва необходимо 358 г покрытых электродов.

3.12 Описание технологии сборки и сварки узла

1. Перед сборкой необходимо произвести зачистку и обезжиривание свариваемой кромки ниполета, а также поверхности трубопровода вокруг отверстия на расстояние 15-20 мм.

2. Выставить свариваемые детали в проектном положении с соблюдением зазоров, при помощи сварочных приспособлений так, чтобы взаиморасположение деталей не нарушилось в процессе сварки. Приварка

сварочных приспособлений, временных вспомогательных деталей, сварочного провода, к трубопроводам из аустенитных сталей не допускается.

3. Во избежание образования мелких поверхностных трещин необходимо обеспечить защиту свариваемых поверхностей от брызг расплавленного металла и шлака. Для этого на длине не менее 100 мм от свариваемого стыка покрыть поверхности асбестовой тканью или асбестовым картоном либо нанести 2 слоя эмульсии КБЖ* (50 - 150 г сульфитно-спиртовой барды КБЖ, 20 - 30 г технического мыла, 15 - 30 г кальцинированной соды, растворяют в 1 л воды подогретой до 70 °С), или смеси каолина (мела) с жидким стеклом, либо препарата «Дуга-1».

4. При помощи приспособлений обеспечить подачу аргона с обратной стороны шва при сварке корневого шва для защиты от воздействия воздуха.

5. Собранный стык прихватывать ручной аргонодуговой сваркой неплавящимся электродом двумя прихватками длиной 5 - 20 мм и высотой 1,5 – 2 мм, расположенных диаметрально противоположно друг другу. При наложении корневого слоя, по возможности, переварить прихватки. Если сборочное приспособление позволяет сваривать весь периметр стыка, то прихватки не следует накладывать и корневой слой шва или весь шов нужно выполнять в стыке, зафиксированном в приспособлении.

6. Ручную дуговую сварку производят 2 сварщика, с минимальными поперечными колебаниями электрода, валиками шириной не более 9 мм и высотой 3 - 5 мм; при ручной аргонодуговой сварке валики накладывать шириной не более 6 мм, а высотой не более 3 мм; после выполнения каждого прохода обеспечить остывание металла шва и околошовной зоны (по 20 - 25 мм в каждую сторону от кромки разделки) до температуры ниже 100 °С.

Сварщики выполняют сварку с разрывом в один-два стыка: когда 1-й сварщик заваривает стык 3, 2-й приступает к сварке стыка 1 или 2, который уже заварил 1-й сварщик на своей половине. При сварке вертикальных стыков

(рис. 3, а) 1-й сварщик начинает сварку в точке А и ведет ее в направлении точки В или Г, заваривая последовательно участки АВ и АГ своей половины стыка 3. 2-й сварщик, отставая от первого на один-два стыка, заваривает участки ГВ и БВ также в направлении снизу вверх (стык 7). При сварке горизонтальных стыков (рис. 3, б) 1-й сварщик заваривает сразу свою половину стыка на участке БАГ (стык 3), а 2-й с разрывом в один-два стыка заваривает другую половину стыка на участке ГВБ, накладывая шов в том же направлении, что и 1-й сварщик (стык 1). «Замки» участков швов должны быть смещены так, замки» швов в соседних слоях не совпадали, а были смещены один относительно другого на 12 – 15 мм, и каждый последующий участок перекрывал предыдущий.

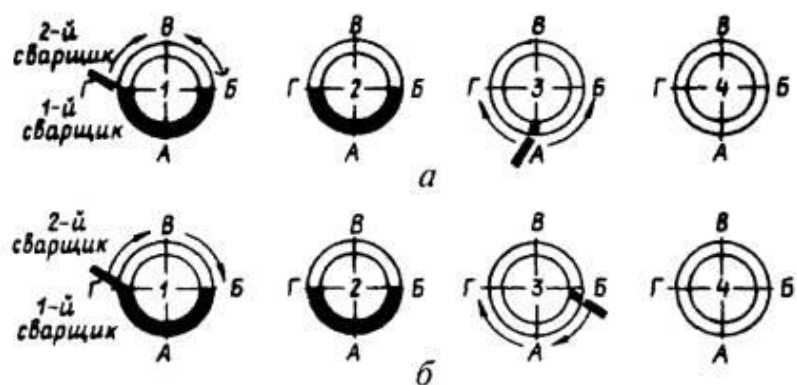


Рисунок 3. Порядок сварки двумя сварщиками вертикальных (а) и горизонтальных (б) стыков.

Порядок выполнения проходов приведен на рисунке 4.

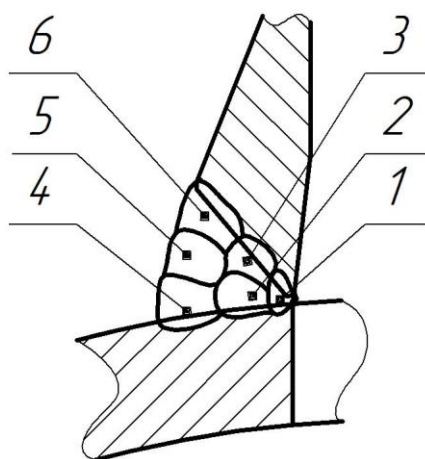


Рисунок 4. Порядок выполнения проходов при сварке.

Минимальная температура окружающей среды при проведении сварочных работ -20°C.

Рекомендации при выполнении сварочных работ:

- Сварку следует выполнять короткой дугой, не превышающей диаметра электрода.
- В процессе необходимо сварки как можно реже обрывать дугу
- Перед гашением дуги сварщику необходимо заполнять кратер, путем постепенного отвода электрода и вывода дуги назад на 15 - 20 мм на только что наложенный шов
- Зажигание дуги производить на кромке трубы или на металле шва на расстоянии 20 - 25 мм от кратера.
- После наплавки каждого валика необходимо полностью удалять шлак после его охлаждения. При обнаружении на поверхности шва дефектов (трещин, скоплений пор и т.п.) дефектное место следует удалить механическим способом до «здорового» металла и при необходимости заварить вновь.

4 Результаты выполнения технологического проекта

В ходе выполнения технологического проекта была изучена свариваемость нержавеющей стали 12X18H10T. Сталь хорошей свариваемостью, при выборе способов сварки материалов и режимов параметров сварки необходимо ориентироваться на условия работы сварной конструкции, и требуемые эксплуатационные характеристики. Сварка стали производится с минимальным тепловложением, на пониженных значениях тока, без предварительного подогрева. При многослойной сварке каждый последующий слой накладывается только после остывания предыдущего слоя до температуры менее 100 °С. По окончании сварочных работ необходима провести стабилизацию сварных швов при 780 – 820 °С.

Сварка корня шва.

- Вид сварки: ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом
- Сварочное оборудование: Merkle MobiARC 160.
- Присадочная проволока: Св-04X19H11МЗ.
- Сварочный ток: $I_{св} = 75 \text{ А}$.
- Род тока, полярность: постоянный, прямая.
- Скорость сварки: $V_{св} = 8,6 \text{ м/ч}$.
- Расход аргона: $Q_{арг} = 12 \text{ л/мин}$.
- Количество проходов: 1.

Сварка последующих слоев шва

- Вид сварки: ручная дуговая сварка покрытым электродом.
- Сварочное оборудование: Merkle MobiARC 160.
- Электроды: ЦТ-26.
- Сварочный ток $I_{св} = 80 \text{ А}$.
- Род тока, полярность: постоянный, обратная.
- Напряжение на дуге $U_d = 23 \text{ В}$.
- Количество проходов: 5.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

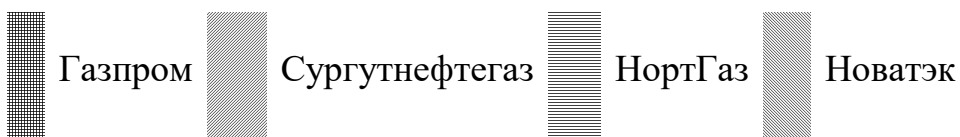
Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга). Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, любимые занятия, стиль жизни, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 12 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль	
		Ручная дуговая сварка	Комбинированная сварка
Размер компании	Крупные		
	Средние		
	Мелкие		



Как видно из таблицы, наиболее перспективным сегментом для формирования спроса является сегмент крупных и средних газодобывающих компаний.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. В настоящий момент в России множество заводов, производящих трубопроводы и арматуру, наиболее развитые из них: ООО «Завод Уралэнергоарматура» (Челябинск), ООО «Пермский трубопроводный завод» (г. Пермь).

Данные для сравнения разрабатываемого метода приварки ниполета трубопровода с конкурентными технологиями приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии катализатора							
1. Производительность труда монтажа арматуры	0,3	4	4	5	1,2	1,2	1,5
2. Качество полученного шва	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 13

5. Срок службы изделий	0,2	5	4	4	1,0	0,8	0,8
Итого:	1	23	21	22	4,6	4,1	4,4

Б_ф – сварка комбинированным способом;

Б_{к1} – ручная дуговая сварка плавящимся электродом;

Б_{к2} – механизированная сварка в среде защитных газов.

Разработанный в ходе исследовательской работы комбинированный метод приварки ниполета трубопровода является конкурентоспособным на рынке. Главными преимуществами данной разработки является получение сварного соединения высокого качества и продолжительный срок службы.

5.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ технологического проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

На основе анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы, был составлен SWOT-анализ технологического проекта. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны технологического проекта	Слабые стороны научно-технологического проекта
	С1. Актуальность проекта С2. Наличие бюджетного финансирования С3. Наличие научной базы С4. Использование современного оборудования С5. Наличие опытного руководителя	Сл1. Отсутствие квалифицированного персонала Сл2. Необходимость частой перенастройки оборудования Сл3. Требуется два источника питания Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл5. Требуются дорогостоящие материалы
Возможности: В1. Получение качественных сварных соединений В2. Регулирование производительности В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		
Угрозы: У1. Развитие конкурентных исследований У2. Отсутствие спроса У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства		

Таблица 15 – Интерактивная матрица возможностей и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	+	+	+	+
	В2	0	+	+	+	+
	В3	+	+	-	-	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и возможности: В1С1С2С3С4С5, В2С2С3С4С5.

Таблица 16 – Интерактивная матрица возможностей и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	В1	-	-	+	-	-
	В2	-	+	+	+	-
	В3	+	+	+	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: В1Сл2Сл3 Сл4, В3Сл1Сл2Сл3Сл4.

Таблица 17 – Интерактивная матрица угроз и сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	У1	0	-	-	-	-
	У2	+	-	-	-	-
	У3	-	+	-	+	-

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и угроз: У3С2С4.

Таблица 18 – Интерактивная матрица угроз и слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	+	-	-	+	-
	У2	+	-	-	+	-
	У3	+	-	-	-	+

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и угроз: У1У2Сл1Сл4, У3Сл1Сл4.

Таблица 19 – Итоговая матрица первого этапа SWOT-анализа

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Актуальность проекта</p> <p>С2. Наличие бюджетного финансирования</p> <p>С3. Наличие научной базы</p> <p>С4. Использование современного оборудования</p> <p>С5. Наличие опытного руководителя</p>	<p>Сл1. Отсутствие квалифицированного персонала</p> <p>Сл2. Необходимость частой перенастройки оборудования</p> <p>Сл3. Требуется два источника питания</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p> <p>Сл5. Требуются дорогостоящие материалы</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Получение качественных сварных соединений</p> <p>В2. Регулирование производительности</p> <p>В3.Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Получение высокоэффективного метода сварки хромоникелевых сталей. Возможность создавать партнерские отношения с производственными базами для внедрения технологии в производство.</p>	<p>Необходимо многократное повторение опытов с различными параметрами режимов сварки. Необходимо повышение квалификации персонала.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Развитие конкурентных исследований</p> <p>У2. Отсутствие спроса</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>	<p>Наличие бюджетного финансирования проекта поможет решить угрозу отсутствия спроса на производимый товар путем расширенной рекламной компании.</p>	<p>Потери потенциальных и постоянных клиентов, простой выполнения работ.</p>

5.4 Планирование научно-исследовательских работ

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 20 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Создание темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Анализ актуальности темы	
Выбор направления исследования	3	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	4	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Изучение литературы по теме	Студент
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Изучение свариваемости стали 12X18H10T	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Научный руководитель, студент
	10	Вывод по цели	Научный руководитель, студент

5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (25)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{ч_i}, \quad (26)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Результаты расчетов внесены в 21.

Таблица 21 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{\min} , чел-дни			t_{\max} , чел-дни			$t_{ожи}$, чел-дни									
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составление и утверждение темы проекта	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Анализ актуальности темы	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.	1	1	1	2	2	2
Поиск и изучение материала по теме	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.	1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель	1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель	2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент	10	10	10	15	15	15
Подбор нормативных документов	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.	3	4	4	5	6	6
Изучение результатов	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент	2	3	3	3	5	5
Проведение расчетов по теме	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студент	7	8	8	10	11	11
Анализ результатов	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.	2	2	2	3	3	3
Вывод по цели	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент	3	3	3	4	4	4

5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (27)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (28)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

На основе таблицы 21 строится календарный план-график (таблица 22). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения выпускной квалификационной работы.

Таблица 22 – Календарный план-график проведения ВКР по теме «Технология приварки ниполета трубопровода»

№ Ра-бот	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ								
				Март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3									
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		 							
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		 							
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2		 							
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3									
6	Изучение литературы по теме	Студент	15									
7	Подбор нормативных документов	Студ.-рук.	5				 					
8	Изучение результатов	Студент	3									
9	Проведение расчетов по теме	Студент	10									
10	Анализ результатов	Студ.-рук.	3							 		
11	Вывод по цели	Студент	4									



– студент;



– руководитель.

5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (29)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 23 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за кг., руб.			Затраты на материалы, руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Сварочные электроды ЦТ-26 Ø3 мм.	кг.	3	3	3	800,0	800,0	800,0	2400,0	2400,0	2400,0
Сварочная проволока Св-04х19н11м3 Ø1,6 мм.	шт.	1	1	1	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3	554,3
Итого								2954,3	2954,3	2954,3

5.5.2 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Месячный должностной оклад работника сведем в таблицу 24:

Таблица 24 – Месячный должностной оклад работника

Исполнители по категориям	Оклад, руб.	Районный коэффициент (для Томска)	Месячная зарплата, руб./мес.
Руководитель	38800,0	1,3	50440,0
Студент	17000,0	1,3	22100,0

Таблица 25 – Баланс рабочего времени

Показатель рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	219	219

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (30)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

5.5.3 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (31)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 30,2 %.

Таблица 26 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб
Руководитель проекта	38800,0	4656,0
Студент	17000,0	2040,0
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302	
Итого	18873,79 руб.	

Отчисления при Исполнении 1 получают минимальным при учете, что зарплаты руководителя и студента являются средними.

5.5.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 3), \quad (32)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16 %. Результаты расчета накладных расходов на НТИ приведены в таблице 27.

Таблица 27 – Расчет бюджета на спецоборудование

№п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Мощность электроприбора, кВт			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Исп1.	Исп2.	Исп3.	Исп1.	Исп2.	Исп3.	Исп1.	Исп2.	Исп3.
1.	Сварочный аппарат	1	1	1	4,4	2,8	5,0	43260,0	45558,0	41116,0
2.	Компьютер	1	1	1	0,35	0,35	0,35	42400,0	42400,0	42400,0
Итого:		1	1	1	4,75	3,15	5,35	85660,0	87980,0	83516,0

Стоимость оборудования, используемого при выполнении непосредственно НТИ и имеющегося в организации, учитываются в виде амортизации.

Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$E_э = \sum N_i \cdot T_э \cdot Ц_э, \quad (33)$$

где N_i – мощность электроприборов по паспорту, кВт;

$T_э$ – время использования электрооборудования, час;

$Ц_э$ – цена одного кВт·ч, руб (2,17 руб).

$$E_э = 4,75 \cdot 300 \cdot 2,17 = 1674,2 \text{ руб.}$$

Амортизация определяется по формуле:

$$A = \frac{C}{T_{об}} = \frac{85660,0}{10} = 8566,0 \text{ руб.} \quad (34)$$

Определили сумму амортизации на весь период исследования и дальнейшее ее внедрение в производство.

5.5.5 Формирование бюджета затрат технологического проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	2954,3	2954,3	2954,3
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	40500,0	40500,0	40500,0
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6696,0	6696,0	6696,0
4. Отчисления во внебюджетные фонды	18873,79	18873,79	18873,79
5. Накладные расходы	11043,85	11043,85	11043,85
6. Амортизация	8566,0	8798,0	8351,6
7. Бюджет затрат НТИ	88633,94	88865,9	88419,5

При планировании бюджета было обеспечено полное отражение всех видов возможных расходов, необходимых для его выполнения.

5.5.6 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (35)$$

где $I_{финр}^{исп.i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{\max} – максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = \frac{88633,94}{88865,9} = 0,997; I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = \frac{88865,9}{88865,9} = 1; I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = \frac{88419,5}{88865,9} = 0,995.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i \cdot b^i, \quad (37)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a^i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 29.

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Сварочный материал	0,25	4	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,25	5	5	4
3. Качество продукции	0,25	4	5	5
4. Технологичность	0,15	5	5	4
5. Производительность	0,1	4	4	5
ИТОГО	1	4,4	4,9	4,6

$$I_{p-\text{исп1}} = 13 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 = 4,4;$$

$$I_{p-\text{исп2}} = 15 \cdot 0,25 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 = 4,9;$$

$$I_{p-\text{исп3}} = 14 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,1 = 4,6;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i.} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (38)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,4}{0,997} = 4,41; I_{исп2} = \frac{4,9}{1} = 4,9; I_{исп3} = \frac{4,6}{0,995} = 4,62.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 30) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.max}} \quad (39)$$

Таблица 30 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,997	1	0,995
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	4,9	4,6
3	Интегральный показатель эффективности	4,41	4,9	4,62
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,9	1	0,94

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии во втором исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Вывод: с целью повышения конкурентоспособности разрабатываемой технологии приварки ниполета трубопровода, а также наиболее выгодного с

точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения метода проведения исследования были решены следующие задачи:

1. Произведено сегментирование рынка, и определено, что наиболее перспективным сегментом для формирования спроса является сегмент крупных и средних газодобывающих компаний.

2. При сравнительном анализе конкурентных технических решений, определено, разрабатываемый технологический процесс является конкурентоспособным и имеет ряд преимуществ.

3. В результате проведения SWOT-анализа исследована внешняя и внутренняя среда проекта, определены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы.

4. При планировании научно-исследовательских работ была определена трудоемкость предстоящих работ, а также разработан календарный план для своевременного завершения технологического проекта;

5. Произведены оценочные расчеты трех вариантов исполнения проекта, с различным сварочным оборудованием. Наиболее выгодным с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Им является второй вариант исполнения, с использованием инверторного сварочного аппарата Merkle MobiARC 160, поскольку он имеет наибольшую оценку сравнительной эффективности.

6 Социальная ответственность

6.1 Производственная безопасность

Производственная безопасность представляет собой систему организационных мероприятий и технических средств, уменьшающих вероятность воздействия на персонал опасных производственных факторов, вредных воздействий технологических процессов, энергии, средств, предметов, условий и режимов труда до приемлемого уровня. Необходимо выявить вредные и опасные производственные факторы, которые могут возникать при производстве работ сварочным инвертором. Выбор факторов производится с использованием [15]. Все факторы приведены в таблице 31.

Таблица 31 - Опасные и вредные факторы при выполнении сварочных работ

Источник фактора, наименование видов работ	Ф а к т о р ы	
	Вредные	Опасные
Производство сварочных работ с использованием инверторного сварочного аппарата Merkle MobiARC 160	1. Отклонение параметров микроклимата в помещении	1. Электрический ток
	2. Повышенный уровень шума на рабочем месте	2. Термическая опасность
	3. Недостаточная освещенность рабочей зоны	
	4. Повышенная загазованность воздуха рабочей среды	
	5. Ультрафиолетовое излучение	

Далее более подробно рассмотрим опасные и вредные факторы, воздействующие на инженера, возникающие в связи с работой над проектом.

6.1.1 Отклонение параметров микроклимата в помещении

Микроклимат производственных помещений - это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха [16]. Согласно [17] показателями, характеризующими микроклимат, являются: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового излучения.

Указанные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают значительное влияние на работоспособность человека, его самочувствие и здоровье. При определенных их значениях человек испытывает состояние теплового комфорта, что способствует повышению производительности труда, предупреждению простудных заболеваний. И, наоборот, неблагоприятные значения микроклиматических показателей могут стать причиной снижения производственных показателей в работе, привести к таким заболеваниям работающих как различные формы простуды, радикулит, хронический бронхит, тонзиллит и др.

Для создания благоприятных условий работы, соответствующих физиологическим потребностям человеческого организма, санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения.

Рабочая зона ограничивается высотой 2,2 м над уровнем пола, где находится рабочее место. При этом нормируются: температура, относительная влажность и скорость движения воздуха [17]. Все категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в Вт. Сварочные работы к категории Пб (работа с интенсивности от 233-290 Вт). Оптимальные и допустимые параметры микроклимата на рабочем месте согласно СанПиН 2.2.4.548-96 [17] приведены для категории Пб приведены в таблице 32.

Таблица 32 - Оптимальные показатели микроклимата [17]

Период года	Температура, град. С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	17-19	60-40	0,2
Теплый	19-21	60-40	0,2

Таблица 33 - Допустимые показатели микроклимата [17]

Период года	Температура, град. С		Относи- тельная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Холодный	19 – 20,9	23,1 – 24	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20 – 21,9	24,1 – 28	15 – 75	0,1	0,3

Для создания оптимальных условий труда нужно выполнить следующие рекомендации:

- 1) введение перерывов;
- 2) организация принудительного воздухообмена;
- 3) применение спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- 4) правильная организация систем отопления и воздухообмена;
- 5) выделение в воздух рабочих помещений влаги.

6.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Люди, которым приходится работать в условиях длительного шума, обычно имеют головные боли, раздражительность, сталкиваются со снижением памяти, повышенной утомляемостью, также у многих понижен аппетит, есть боли в ушах и т. д. Перечисленные факты снижают производительность, работоспособность человека, а также качество труда [18].

Шумовой фон помещения создают работающий сварочный выпрямитель и система принудительной вентиляции. Также источником шума является система вентиляции или шумы, поступающие извне помещения.

Во избежание негативных последствий от производственного шума, его необходимо регулировать в соответствии с нормами, которые указаны в ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Общие требования безопасности» [19].

Допустимые уровни звука и звукового давления для рабочего места сварщика согласно вышеуказанному ГОСТ 12.1.003-2014 [18] представлены в таблице 3.

Таблица 34 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах [18].

Вид трудовой деятельности/ Частоты	Уровни звука и звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Научная деятельность, работа на твердомере									
Рабочие места в лаборатории неразрушающего контроля и т.д.	107	95	87	82	78	75	71	69	80

Эквивалентный уровень шума – 80 дБА.

Для уменьшения воздействий шума можно использовать следующие методы, согласно СНиП 23-03-2003 [19]:

- изоляция источников шумов;
- экранирование рабочих мест, то есть установка перегородок между рабочими местами;
- проведение акустической обработки помещения.

6.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение - получение, распределение и использование световой энергии для обеспечения благоприятных условий видения предметов и объектов. Плохое освещение утомляет не только зрение, но и вызывает утомление организма в целом. Неправильное освещение может быть причиной травматизма: плохо освещенные опасные зоны, слепящие лампы, резкие тени ухудшают или вызывают полную потерю зрения, ориентации.

На практике используются два вида освещения: естественное (солнце) и искусственное (газоразрядные лампы). Естественное боковое и искусственное рабочее, а также комбинированное, которое состоит из местного освещения рабочих мест и общего освещения помещения. Нормируемый показатель освещенности на рабочих местах производственных помещений при искусственном освещении составляет 200 лк (для производственных помещений). При недостаточном уровне освещённости, необходимо установить необходимое количество ламп искусственного освещения. Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [16] коэффициент пульсации освещенности для лаборатории не должен превышать 10%. При сварочных работах коэффициент пульсации не должен превышать 5% [16].

6.1.4 Повышенная загазованность воздуха рабочей среды

Вследствие своих отличительных черт сварочный процесс сопровождается насыщенными пылевыведениями, приводящими к большой запыленности производственного помещения токсичной мелкодисперсной пылью, газовыведениями, действующими негативно на весь организм работающего.

Повышенная температура сварочной дуги способствует насыщенному окислению и испарению металла, флюса, защитного газа, легирующих частей. Окисляясь кислородом воздуха, данные пары образуют мелкодисперсную пыль, а образующиеся при сварке и тепловой резке конвективные потоки уносят газы и пыль в верхние слои помещения, приводя к большой запыленности и загазованности рабочее место сварщика.

Наиболее вредные пылевыведения при сварке стали 12Х18Н10Т:

- Оксиды железа, механическое раздражение легочной ткани, хроническое отравление, дерматоз, поражение ЦНС;
- Соединения кремния, оказывают разрушающее действие на легкие, что приводит к постоянной одышке, боли в груди, сухому кашлю;
- Соединения хрома, способны накапливаться в организме человека, вызывая головные боли, воспаление ЖКТ, общую слабость;

При попадании в организм работника через дыхательные пути и пищеварительный тракт вредные газообразные вещества вызывают поражения всего организма.

В соответствии с ГН 2.2.5.1313-03 [20] выделяют следующие ПДК вредных веществ на рабочем месте электрогазосварщика.

Таблица 35. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны [20].

№	Наименование вещества	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7
1	Оксиды железа	Fe ₂ O ₃	6	аэрозоль	4	фиброгенные
2	Марганец	Mn	0,6	аэрозоль	2	
3	Оксид кремния	SiO ₂	3	аэрозоль	3	фиброгенные
4	Оксиды хрома	CrO ₃	0,03	аэрозоль	1	канцерогены
5	Оксид алюминия	Al ₂ O ₃	6	аэрозоль	4	фиброгенные
6	Азота диоксид	NO ₂	2	пары и/или газы	3	остронаправленные
7	Углерод диоксид	CO ₂	20	пары и/или газы		остронаправленные

Продолжение таблицы 35

8	Озон	O ₃	0,1	пары и/или газы	1	остронаправленные
9	Фтористый водород	HF	0,5	пары и/или газы	1	остронаправленные

В качестве защитных мер от загазованности помещения используются:

- использование индивидуальных средств защиты дыхательных путей;
- установка местной и общеобменной вытяжной вентиляции;
- регулярные перерывы между рабочим временем и прогулки на свежем воздухе;

6.1.5 Ультрафиолетовое излучение

Горение сварочной дуги сопровождается излучением видимых ослепительно ярких световых лучей и невидимых глазом так называемых ультрафиолетовых и инфракрасных лучей. Интенсивность лучистой энергии в основном зависит от силы сварочного тока и величины напряжения.

Действие лучей сварочной дуги на кожу и зрение сказывается на расстоянии до 10 м от места сварки и даже при кратковременном воздействии могут вызвать электроофтальмию.

Для защиты глаз и лица от поражения лучами электрической дуги необходимо принимать следующие меры:

1. сварщик должен применять сварочную маску с встроенным защитным стеклом с определенной степенью прозрачности в зависимости от яркости дуги;

2. кожа электросварщика должна защищаться от действия лучей электрической дуги обычной рабочей одеждой, лицо и передняя часть шеи — щитком или шлемом, а руки — рукавицами;

3. стены кабин и сварочных цехов, переносные ширмы необходимо окрашивать в светлые матовые тона с применением цинковых белил, желтого крона или титановых белил, которые поглощают ультрафиолетовые лучи.

4. Для защиты окружающих от действия лучей сварочной дуги рабочее место сварщика в цехах и мастерских следует размещать в специальных кабинках. На открытых площадках или в цехах при сварке конструкций больших размеров рабочие места сварщиков ограждаются щитами, ширмами или заслонками.

6.1.6 Опасность поражения электрическим током

Поражение электросварщика электрическим током может произойти при неправильном пользовании сварочным оборудованием, применении неисправного сварочного оборудования, инструмента и приспособлений, нарушении правил техники безопасности по отношению к другим источникам электрической энергии. В зависимости от индивидуальных показателей человека (масса, рост, строение тела, пол, род занятий), его физического состояния (болезнь, наличие состояния алкогольного опьянения), параметров протекающего тока (сила тока и его частота), состояния окружающей среды зависит поражающее воздействие на организм. Во избежание поражения сварщика током необходимо обеспечение электробезопасности.

Электробезопасность представляет собой систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока [21].

Меры электробезопасности:

- Сварочный инвертор должен быть заземлен;

- Сварочные провода на всей длине должны иметь надежную изоляцию;

- Сварочный аппарат должен быть оснащен устройством, снижающим напряжение холостого хода.

- Сварщик не должен самостоятельно производить присоединение сварочной установки к силовой сети, постановку плавких вставок на щите силовой сети, отключать сварочную установку от сети, а также производить ремонт подключенной к сети установки. Все эти работы должны выполняться электромонтерами с соблюдением общих электротехнических правил для силовых установок;

- Спецодежда электросварщика должна быть сухой и исправной. Куртка, брюки, фартук и рукавицы должны быть из брезента или сукна. Ботинки или кожаные сапоги должны иметь кожаную подошву, прикрепленную деревянными гвоздями. Резиновые подошвы ботинок и сапог должны быть приклеены путем горячей вулканизации или клеем;

- Во время работы электросварщик должен находиться на резиновом коврике, сухих деревянных досках, сухом асбесте или другой изоляционной подкладке;

- Сварщик должен быть аттестован по электробезопасности.

6.1.7 Термическая опасность

Термическая опасность – опасность, возникающая при горении, повышенной температуры поверхности или повышенной температуре вдыхаемого газа.

В процессе сварки свариваемый металл разогревается вплоть до температуры испарения, а вследствие нестабильного горения сварочной дуги возможно разбрызгивание расплавленного металла. В результате разбрызгивания расплавленный металл может попасть на незащищённые участки тела и вызвать серьезные ожоги. Для предупреждения образования ожогов необходимо принятие специальных мер.

Меры предосторожности от термической опасности:

- 1) использование спецодежды и средств индивидуальной защиты;
- 2) принудительная вентиляция рабочей зоны;
- 3) использование защитных стенов;
- 4) работник должен быть аттестован по техники безопасности и противопожарной безопасности.

6.2 Экологическая безопасность

Экологическая безопасность – это допустимый уровень негативного воздействия, со стороны природных и антропогенных факторов экологической опасности на окружающую среду и человека.

При выполнении сварочных работ атмосферный воздух загрязняется сварочным аэрозолем, в составе которого в зависимости от вида сварки, марок электродов и флюса находятся вредные для здоровья оксиды металлов (железа, марганца, хрома, ванадия, вольфрама, алюминия, титана, цинка, меди, никеля и др.), а также газообразные соединения (фтористые, оксиды углерода и азота, озон и др.)

Таблица 36 - Удельные показатели выделения загрязняющих веществ при сварке и наплавке металлов, г/кг [22].

Технологический процесс (операция)	Марка электрода	Наименование и удельные количества выделяемых загрязняющих веществ, г/кг								
		сварочный аэрозоль	в том числе					фтористый водород	диоксид азота	оксид углерода
			железа оксид	марганец	хром	Прочие				
						наименование	количество			
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12
Ручная дуговая сварка сталей штучными электродами	ЦТ-26	13,9	10,76	0,93	0,21	0,12	3,3	0,66	-	-

Негативное воздействие на литосферу характеризуется утилизацией твердых отходов (металлическая огарки сварочного электрода, шлак).

Меры по обеспечению экологической безопасности:

Для литосферы:

1. хранение отходов в специально помещении на предприятии (склад металлических отходов);
2. переплавка для повторного использования.

Для атмосферы:

Использование принудительной системы вентиляции с системой отчистки от вредных паров и аэрозолей.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, стихийного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, согласно [23]

При проведение сварочных работ возможно возникновение чрезвычайных ситуаций в виде пожара и взрыва баллона с аргоном.

Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, вред жизни и здоровью людей[24].

Пожар может возникнуть в результате:

1. неисправность оборудования и электропроводки;
2. перегрузка сети, ведущая к нагреву токоведущих частей и загоранию изоляции;
3. короткое замыкание;
4. несоблюдение норм и правил пожарной безопасности.

Взрыв — быстропротекающий физический или физико-химический процесс, проходящий со значительным выделением энергии в небольшом объеме за короткий промежуток времени и приводящий к ударным,

вибрационным и тепловым воздействиям на окружающую среду вследствие высокоскоростного расширения.

Взрыв баллона может произойти в результате:

1. механического повреждения целостности баллона с аргоном;
2. перегрева баллона;
3. несоблюдения техники безопасности при проведении сварочных работ.

6.3.1. Пожарная безопасность

Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага, наносящего материальный ущерб. Понятие пожарная безопасность объекта означает состояние объекта, при котором с установленной вероятностью исключается возможность возникновения и развития пожара, а также воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожарная безопасность предусматривает обеспечение безопасности людей и сохранения материальных ценностей предприятия на всех стадиях его жизненного цикла. Основными системами пожарной безопасности являются системы предотвращения пожара и противопожарной защиты, включая организационно-технические мероприятия.

Помещение предприятия по степени пожароопасности относится к классу В-4, так как в нем находятся (обращаются) горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они находятся (обращаются), не относятся к категории А или Б. Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера:

- 1) халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня);
- 2) вылет раскаленной капли электрода;
- 3) взрыв баллона с защитным газом.

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для устранения причин возникновения пожаров в помещении лаборатории должны проводиться следующие мероприятия:

- использование только исправного оборудования;
- издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности
- назначение ответственного за пожарную безопасность помещений;
- курение в строго отведенном месте;
- проведение периодических инструктажей по пожарной безопасности;
- отключение электрооборудования, освещения и электропитания по окончании работ;
- проверка баллонов на плотность закрытия;
- проведение периодических замен токопроводящих кабелей;
- уборка рабочего места после рабочего дня;
- содержание путей и проходов для эвакуации людей в свободном состоянии.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Здание должно соответствовать требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовые вопросы обеспечения безопасности рабочих устанавливаются охраной труда при сварочных работах. К самостоятельному выполнению сварочных работ допускаются работники не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу по электробезопасности не ниже II, профессиональные навыки по сварочным работам и имеющие удостоверение на право производства сварочных работ.

Заключение

Результатом выполненной выпускной квалификационной работы является технологический процесса приварки ниполета трубопровода комбинированным способом.

При соблюдении режимов, технологии сварки и рекомендаций ожидаемо получение сварного шва аустенитной структуры с гарантированным содержанием ферритной фазы 2 - 5 %, и как следствие сохранение специальных свойств – коррозионностойкости и жаропрочности, а также получение механических свойств сварного шва, близких к свойствам основного металла.

Внедрение разработанной технологии в производство возможно после проведения опытов и различных видов контроля.

Список использованных источников

1. ГОСТ 5632-2014 Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки – Москва. Стандартинформ, 2016. – 49 с.
2. РД 153-34.1-003-01 Сварка, термообработка и контроль трубных систем котлов и трубопроводов при монтаже и ремонте энергетического оборудования. Москва, ПИО ОБТ, 2002. – 49 с.
3. Акулов А.И. Технология и оборудование сварки плавлением: Учебник для вузов. -М.: Машиностроение, 2003 – 560 с.
4. ГОСТ 23949-80 Электроды вольфрамовые сварочные неплавящиеся. Технические условия. – ИПК Издательство стандартов, 2004. – 8 с.
5. ГОСТ 2246-70 Проволока стальная сварочная. Технические условия. – ИПК Издательство стандартов, 2004. – 19 с.
6. Сварочная проволока // ООО Единство URL: <http://www.edinstwo.ru/katalog-produkcii/svarochnaya-provoloka/svarochnaya-provoloka-vyisokolegirovannaya-nerzhaveyuschaya-rossiyskogo-proizvodstva-gost-2246-70/svarochnaya-provoloka-sv-04h19n11m3.html>
7. ГОСТ 10157-2016 Аргон газообразный и жидкий. Технические условия. – Москва. Стандартинформ, 2016. – 26 с.
8. Электроды для сварки высоколегированных сталей и сплавов // Судиславский завод сварочных материалов URL: <http://www.czcm-weld.ru/index.php?action=products&cat=30>
9. ГОСТ 16037-80 Соединения сварные стальных трубопроводов – ИПК Издательство стандартов, 1999. – 24 с.
10. Трущенко Е.А. Технические основы сварки давлением и плавлением. Сварка плавлением: учебно-методическое пособие.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет – Томск, 2010. – 80 с.

11. Справочник по сварке. Под ред. Е.В. Соколова и др.-М.: Машиностроение, - 1961-664 с.

12. Лупачев В.Г. Ручная дуговая сварка: учебник. Мн.: Выш. шк., 2006. – 416 с.

13. Сварка в машиностроении: справочник в 4-х т. Ред. Кол.: Г.А. Николаев и др.-М.: Машиностроение, 1978-Т2/ Под ред. Н.А. Ольшанского, 1978-504 с.

14. Сталь марки 12Х18Н10Т // Центральный металлический портал РФ URL: http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/12X18H10T

15. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация – Москва. Стандартиформ, 2016 – 10 с.

16. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003 – 28 с.

17. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Информационно издательский центр Минздрава России, 2001. – 20 с.

18. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Общие требования безопасности. – М.: Издательство стандартов, 2014. – 13 с.

19. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. – М.: Госстрой России, 2004. – 34 с.

20. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Информационно издательский центр Минздрава России, 2002. – 270 с.

21. ГОСТ 12.1.009-76 межгосударственный стандарт система стандартов безопасности труда. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 16 с.

22. ГОСТ Р 56164-2014 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. Метод расчета выбросов при сварочных работах на основе удельных показателей. – Москва. Стандартинформ, 2015 – 47 с.

23. ГОСТ Р 22.0.07-95 Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 10 с.

24. ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ Источники техногенных чрезвычайных ситуаций. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1995. – 10 с.